



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences

Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Réponse des Sciences 2014/020

Région du Québec

IMPACTS DE LEVÉS GÉOPHYSIQUES AU PORT DE CACOUNA SUR LES BÉLUGAS DU SAINT-LAURENT

Contexte

Energy East Pipeline Ltd, une filiale de TransCanada, propose de construire et d'opérer un pipeline d'une longueur de 4,600 km afin de transporter du pétrole brut de l'Alberta et de la Saskatchewan vers des terminaux au Québec et au Nouveau-Brunswick. Les terminaux incluent 3 raffineries existantes dans l'est du Canada et deux terminaux marins qui permettront le transport du brut vers les marchés internationaux. Le secteur du port de Cacouna constitue l'un des terminaux marins visés par le projet.

Energy East Pipeline Ltd entend déposer au début de l'été 2014 une demande d'approbation de projet auprès de l'Office National de l'Énergie (ONE), incluant une étude approfondie des effets environnementaux et socio-économiques (ESA) liés à ce dernier. Une requête a été déposée auprès de la Direction régionale de la gestion des écosystèmes (DRGÉ) du MPO par le promoteur afin de mener des relevés géophysiques dans le secteur du port de Cacouna. L'objectif est de déterminer la nature du fond marin afin de définir les structures nécessaires à l'établissement d'un terminal dans ce secteur, ce qui contribuera à alimenter TransCanada dans la préparation de son application auprès de l'ONE et de l'ESA.

Cette réponse des Sciences découle d'une demande déposée par la DRGÉ auprès de la Direction régionale des Sciences. La DRGÉ souhaite obtenir plus d'information sur les répercussions probables du projet sur les individus et sur la survie et le rétablissement du béluga du Saint-Laurent. Afin d'être en mesure de prendre une décision éclairée quant au projet, la DRGÉ désire obtenir un avis scientifique concernant les questions suivantes :

1. Est-ce que les estimations des niveaux de bruit générés par les travaux et des distances de propagation fournies par le promoteur sont réalistes?
2. Est-ce que le projet, tel que proposé, risque de causer un dérangement important ou d'avoir des impacts significatifs sur les bélugas?
3. Les mesures d'atténuation proposées par le promoteur sont-elles adéquates et suffisantes?
4. Le cas échéant, quelles mesures d'atténuation additionnelles permettraient de réduire le dérangement ou les impacts pour les rendre acceptables?
5. Dans l'éventualité où le projet causerait un dérangement important du béluga, malgré la mise en place de mesures d'atténuation additionnelles, le dérangement est-il susceptible de compromettre la survie ou le rétablissement de la population de béluga du Saint-Laurent?
6. D'autres espèces de mammifères marins sont-elles susceptibles d'être présentes pendant la période visée? Si oui, les évaluations des effets et les mesures d'atténuation pour le béluga s'appliquent-elles à ces espèces?

La DRGÉ requiert une réponse rapide aux points mentionnés ci-haut de manière à permettre, si les impacts sont jugés acceptables, la réalisation du projet (i.e., les levés géophysiques) dès le mois de mars. La demande d'avis a été déposée par la DRGÉ le 25 février 2014.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences du 3 mars 2014 sur l'Évaluation des impacts d'un projet de levés géophysiques dans la région de Cacouna, Québec, sur les bélugas du Saint-Laurent.

Renseignements de base

Selon le document déposé par le promoteur (CIMA+ 2014), ainsi que des précisions additionnelles transmises par la DRGÉ, les levés sismiques seraient entrepris dès le début mars dans un secteur couvrant au moins 28 ha (partie A), et jusqu'à 71 ha (partie B de 43 ha additionnels) 'si nécessaire'. Les levés doivent être effectués dans des conditions 'parfaites', qui ne sont pas définies dans la proposition de projet déposée. Des précisions obtenues de CIMA+ (Y. Maltais, comm. pers. 26 fév. 2014) indiquent que de 12 à 15 jours de conditions 'parfaites' seront nécessaires pour la réalisation du projet, c'est-à-dire pour couvrir l'ensemble des secteurs A et B. Les conditions de mer représentant des conditions 'parfaites' peuvent varier selon l'entrepreneur retenu, les plus restrictives étant une hauteur de vague de moins de 20 cm pour effectuer les levés (Y. Maltais, CIMA+, comm. pers. 26 fév. 2014). À la période de l'année visée par les travaux (1 mars au 31 mai 2014), des conditions 'parfaites' sont plutôt rares, et pourraient augmenter de 2 à 4 fois le temps nécessaire pour les levés. On peut donc s'attendre à des travaux s'échelonnant sur 1 à 2 mois. Le sondage pourrait avoir lieu pendant une période de 2 à 8 heures par jour, mais le scénario envisagé prévoit 4 à 6 heures par jour selon les précisions apportées ultérieurement par le promoteur. Les levés seront réalisés sur une bande de 600 m à partir de la rive dans des eaux de moins de 30 m de profondeur dans le secteur situé à proximité du port de Cacouna.

Il est prévu d'employer un « boomer » et un « sparker » pour réaliser les levés sismiques afin de sonder différentes couches du sol. Les lignes de sondages seront examinées deux fois (une fois avec le sparker et une fois avec le dispositif de boomer). Ces deux types d'appareils émettent des sons de forte intensité (zéro-crête: 228 dB et 215 dB re 1 μ Pa @ 1m, respectivement pour le sparker et le boomer), et de type pulsé. Le boomer est de moindre intensité que le sparker, mais les fréquences où le maximum d'énergie est émis sont plus élevées pour le boomer (1-7 kHz) que le sparker (< 1 kHz).

Le promoteur indique que le projet est susceptible d'avoir des effets sur le béluga, notamment en avril et en mai, mais considère que les mesures d'atténuation (e.g., surveillance en avril-mai, ramp-up et shut down, etc.) permettent d'aller de l'avant.

Analyse et réponse

Nature des effets probables sur les mammifères marins

Perte permanente ou temporaire d'audition et distances d'effets appréhendés

Il existe suffisamment d'information scientifique pour conclure que les levés géophysiques ont un faible potentiel de causer des blessures à la plupart des espèces marines, sauf à faible distance (revue dans Southall *et al.* 2007; Nowacek *et al.* 2007; NOAA 2013; voir aussi Nowacek *et al.* 2013).

Les plus récentes données scientifiques qui ont alimenté les nouvelles normes du gouvernement américain suggèrent que les sons reçus à des intensités excédant 230 dB_{0-peak} re 1 μ Pa ou 204 dB SEL_{cum} re 1 μ Pa² -s sont susceptibles d'induire une perte permanente d'audition (PTS) chez des espèces à audition maximale dans les fréquences moyennes comme le béluga, alors que ceux excédant 224 dB_{0-peak} re 1 μ Pa et 189 dB SEL_{cum} re 1 μ Pa² -s risquent d'induire chez ces espèces une perte temporaire d'audition (TTS) (NOAA 2013, Tableau 7, i.e., pour les cas où une

analyse tenant compte des fréquences d'audition de l'espèce visée ne peut être effectuée). Le promoteur n'a pas fourni les valeurs à la source dans les unités compatibles avec la norme dans le cas du SEL_{cum} (qui auraient dû être dB re $1\mu Pa^2 \cdot s$ @ 1 m). Il n'a donc pas été possible d'évaluer la distance sur laquelle ce seuil serait excédé.

Probabilité de PTS et de TTS chez les bélugas du Saint-Laurent

Sur la base d'un seul (0-peak) des deux seuils qui auraient dû être utilisés pour définir les risques de PTS et TTS chez les bélugas, les risques de PTS associés aux levés géophysiques s'avèreraient nuls puisque la source n'excède pas le seuil d'effet. Il est possible que la source excède le seuil établi sur la base du SEL_{cum} , mais on ne peut le déterminer à partir des données fournies par le promoteur.

Le sparker, mais non le boomer, excède le seuil d'effet temporaire sur l'audition à la source et par conséquent, a le potentiel d'induire des blessures auditives de type TTS chez le béluga. La distance de la source sur laquelle ces risques pourraient se produire correspond à celle où le son émis demeure au-dessus de ces seuils. Ce calcul n'a pas été fourni par TransCanada. Le MPO a donc dû procéder à sa propre évaluation sur la base des données acoustiques acquises relativement aux pertes de transmission du son qui caractérisent le secteur d'intérêt (McQuinn *et al.* 2011).

Cette analyse modélise la réduction du bruit reçu en fonction de la distance de la source pour les deux sources, soit le sparker et le boomer, et en assumant une intensité à la source de 228 et 215 dB_{0-Peak} re $1\mu Pa$ @ 1m, respectivement. Encore ici, les simulations n'ont pu être faites pour le SEL_{cum} , car le promoteur n'a pas fourni les valeurs à la source dans des unités compatibles avec la norme. L'atténuation du son (transmission loss : TL) dans le secteur de Gros-Cacouna se caractérise par :

$$TL = c \log_{10}(r) + \alpha r,$$

où $c = 17.2$ et $\alpha = 0.00006$ (McQuinn *et al.* 2011). Il en découle qu'une pulsation émise par un sparker dans le secteur de Gros-Cacouna devrait passer sous le seuil de dommages temporaires (TTS) à l'audition à une distance de moins de 2 m de la source (Figure 1). Bien que le calcul des distances d'effets n'a pu être effectué en utilisant le SEL_{cum} , nous pouvons présumer que ce seuil se situera à quelques mètres de la source et donc, que les travaux ont de faibles risques de causer des dommages temporaires à l'audition des bélugas à moins que les bélugas ne soient collés sur la source.

Il est à noter que des travaux récents sur les mammifères marins indiquent que l'induction d'un TTS n'est pas parfaitement corrélée avec l'intensité du bruit reçu, et que la durée de l'exposition et le temps de récupération entre les expositions ont un effet sur le degré de TTS (Mooney *et al.* 2009; Finneran et Schlundt 2010). L'intervalle, et donc le temps qu'auront les bélugas exposés pour récupérer entre deux levés lors des travaux proposés, variera selon les conditions météorologiques de quelques heures à plusieurs jours. La manière dont ces intervalles affectent la récupération auditive chez le béluga est également inconnue. Ces incertitudes, celle liée à l'intensité des équipements spécifiques qui seront employés par le contractant, et celle associée au modèle de propagation et découlant de l'incertitude des paramètres de densité de l'eau et des conditions environnementales prévalant au moment des travaux, préconise la mise en place d'un rayon de sécurité autour des opérations plus large que celui où des effets sont anticipés.

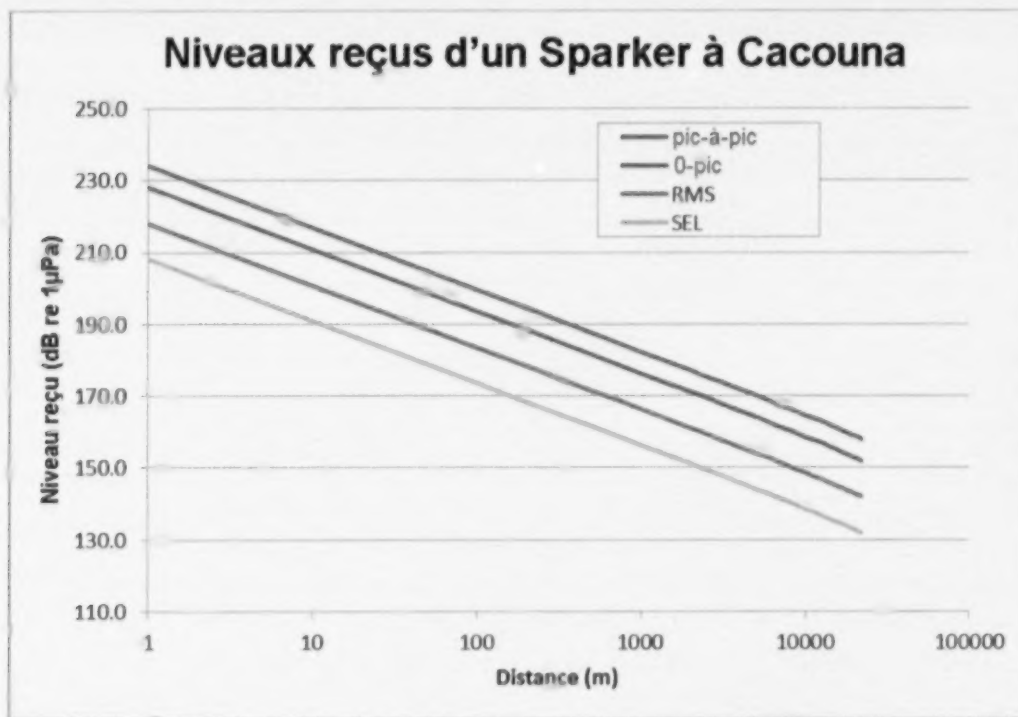


Figure 1. Niveaux sonores reçus pour une source émettant dans le secteur de Cacouna (Perte de transmission $TL = c \log_{10}(r) + \alpha r$, où $c = 17.2$ et $\alpha = 0.00006$; McQuinn et al. 2011), et dont les caractéristiques en intensité sont similaires au sparker proposé ($228 \text{ dB}_{0\text{-peak}}$ re : $1 \mu\text{Pa}$ @ 1 m).

Effets sur la physiologie et le comportement et distances d'effets appréhendés

Contrairement aux pertes auditives, qui surviennent généralement suite à une exposition à une source plus ponctuelle, pulsée et de forte intensité, ou suite à une exposition prolongée ou répétée à des sons de moindre intensité, les réactions comportementales surviennent principalement en réponse aux caractéristiques physiques du bruit, sans égard à la période d'exposition (Ellison et al. 2012, Götz and Janik 2011).

Il existe une foule d'études chez une variété d'espèces et pour une variété de type de sources de bruit, qui ont tenté d'adresser la question des niveaux de bruit pouvant induire des réactions comportementales chez les mammifères marins. Sur la base des données disponibles en 1999, le gouvernement américain a établi à 160 dB re $1 \mu\text{Pa}$ (RMS) le seuil au-delà duquel des réactions comportementales négatives étaient attendues chez les mammifères marins exposés à des sources de bruit de nature pulsée, telles que les sparkers et boomers. Ce critère est toujours en vigueur, et a été appliqué dans le cadre de l'évaluation de certains projets réalisés au Canada (e.g., MPO 2012a; 2014a).

L'ensemble de la littérature existante indique toutefois que les réactions comportementales sont extrêmement variables entre les études (revues : Southall et al. 2007; Nowacek et al. 2007). Ceci suggère que des facteurs biologiques, opérationnels et environnementaux entrent en jeu pour déterminer la probabilité et la sévérité de la réaction suscitée, particulièrement lorsque face à des bruits d'intensité relativement faible, soit en dessous du seuil utilisé de 160 dB re $1 \mu\text{Pa}$ (RMS) dans le cas des sources pulsées (Southall et al. 2007; Ellison et al. 2012). Il en découle un consensus grandissant à l'effet que de déterminer la probabilité d'effets comportementaux

uniquement sur la base du niveau de bruit reçu, et suivant un concept de dose-réponse (Richardson *et al.* 1995), sans égard au contexte d'exposition, aux motivations, à la naïveté des populations face à la source de bruit, et à leur accoutumance n'est pas approprié (Southall *et al.* 2007; Ellison *et al.* 2012).

L'adoption de seuils uniques pour inférer les risques de réactions comportementales (e.g., 160 dB re 1 μ Pa (RMS) dans le cas de sources pulsées) a été récemment critiqué par plusieurs. Un consensus grandissant est à l'effet que ces seuils devraient être remplacées par des distributions de probabilité de réaction afin de mieux tenir compte du contexte d'exposition et de la naïveté des populations concernées, et le fait que certains mammifères marins engagés dans certains comportements ou dans des contextes particuliers réagissent à des seuils plus faibles ou plus élevés d'exposition (Southall *et al.* 2007; Wood *et al.* 2012; Clark *et al.* 2013).

Il est possible, voire probable, sur la base des données acquises chez le béluga et d'autres populations naïves face à certaines sources de bruit, qu'un évitement soit observé à une faible exposition au bruit (i.e., faible intensité reçue). Par exemple, de fortes réactions comportementales face à un brise-glace en approche ont été documentées chez les bélugas du détroit de Lancaster, une population considérée naïve face au bruit de cette source, alors que le brise-glace était encore à plus de 30 km. Les bélugas ont déserté le secteur pendant près de 2 jours suivant le passage du brise-glace avant d'y revenir (Finley *et al.* 1990). De même, des recherches dans l'ouest de l'Arctique ont démontré que les densités de bélugas étaient plus faibles qu'attendues à moins de 20 km d'opérations de levés sismiques, et plus élevées qu'attendu dans les secteurs situés de 20 à 30 km des opérations (Miller *et al.* 2005). Ces levés sont effectués à l'aide de canons à air, une nouvelle source de bruit pour cette population, et d'intensité supérieure à celles proposées dans le cadre des travaux de TransCanada. Sur la base des conditions de propagation du secteur, ces observations suggèrent que les animaux ont déserté de vastes aires autour des secteurs d'opération, et sur des distances auxquels les niveaux de bruit reçus par les bélugas étaient de l'ordre de < 130 dB re 1 μ Pa (RMS) (Clark *et al.* 2013). Ces résultats supportent la suggestion que des comportements d'évitement peuvent survenir chez le béluga face à des niveaux de bruit reçus relativement faibles par rapport aux critères adoptés pour des sources de bruit pulsé, i.e., 160 dB re 1 μ Pa (RMS).

Dans une récente évaluation des effets de levés sismiques dans les eaux californiennes, une approche basée sur une augmentation des probabilités de réponses comportementales avec l'intensité du bruit reçu a été adoptée. Les seuils de réaction ont été établis à 10 % des individus exposés pour des niveaux reçus de 140 dB re 1 μ Pa (RMS), à 50 % pour des niveaux de 160 dB, et à 90 % pour des niveaux de 180 dB (Wood *et al.* 2012). Rappelons que dans le cas de bélugas exposés au bruit de levés sismiques effectués à l'aide de canons à air, les niveaux (et donc les distances de la source) où des réactions ont été observées étaient de l'ordre de 130 dB re 1 μ Pa (RMS) (Miller *et al.* 2005) et donc, plus faibles que ceux considérés susceptibles de susciter des réactions comportementales dans l'évaluation californienne.

Le béluga du Saint-Laurent est exposé sur une base régulière au trafic marchand lourd et aux petites embarcations dans son aire de distribution (Chion *et al.* 2012), et y réagissent dans leur comportement de surface et vocal de manière faible à modérée (Lesage *et al.* 1999; Blane et Jaakson 1994) selon l'échelle de sévérité établie par Southall *et al.* (2007). Les sources de bruit qui seront utilisées dans le cadre des travaux proposés sont nouvelles pour cette population, de forte intensité, et à des fréquences qui chevauchent celle de la communication chez le béluga (Sjare et Smith 1986; Faucher 1988). On doit donc considérer ces sources comme audibles et potentiellement dérangeantes pour cette population. L'historique d'exposition et l'accoutumance face au boomer et sparker est probablement nulle pour les bélugas et autres mammifères marins de l'estuaire tels que le phoque commun qui ne fréquentent pas les eaux à l'extérieur de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Il est donc vraisemblable qu'il y aura des réactions

comportementales et de l'évitement du secteur de Cacouna lors des levés géophysiques envisagés et ce, dans des rayons correspondant à de faibles niveaux de bruit reçus.

En considérant une distribution de probabilité de réaction autour du seuil de 160 dB_{RMS}, semblable à celle appliquée dans le cadre de l'évaluation californienne (Wood *et al.* 2012), la modélisation effectuée par le MPO sur la base des données acquises dans le secteur de Cacouna (McQuinn *et al.* 2011) indique que le bruit généré par le sparker demeurera au-dessus du seuil d'effet probable sur le comportement de 10 % des individus exposés (140 dB_{RMS}) sur des distances de plus de 22 km, alors qu'il demeurera au-dessus du seuil pouvant générer des réponses négatives de la part de 50 % des individus exposés (160 dB_{RMS}) sur des distances d'environ 2,3 km de la source (Figure 1). Cette même analyse indique que le bruit émis par un boomer dans le secteur de Gros-Cacouna devrait passer sous les seuils de dérangement à 160 et 140 dB_{RMS} à des distances de 400 m et 6 km de la source, respectivement.

L'estuaire du Saint-Laurent fait 13 km de largeur environ à la hauteur de Cacouna, et par conséquent, l'aire où les bélugas sont susceptibles de réagir négativement au bruit des levés géophysiques s'étend sur la largeur entière de l'estuaire. L'extrapolation de la distance d'effet correspondant à 130 dB_{RMS} n'a pas été effectuée.

Fréquentation du secteur et densités saisonnières

Comme mentionné à la section précédente, l'ampleur des effets au niveau des populations est en grande partie déterminée par le nombre d'individus exposés à la source de bruit, et qui sont susceptibles de réagir négativement au point où des effets négatifs soient ressentis sur leur santé, leur reproduction ou leur survie (NRC 2005).

Il existe de l'information dans la littérature scientifique concernant la fréquentation de l'estuaire (revue : Lesage *et al.* 2007), et du secteur de Cacouna et de la rive sud par le béluga, les phoques et les autres mammifères marins (e.g., Pippard et Malcolm 1978; Béland *et al.* 1987; Boivin et INESL 1990; Michaud et Chadenet 1990; Michaud *et al.* 1990; Lavigueur *et al.* 1993; Michaud 1993; Lesage *et al.* 2004; Robillard *et al.* 2005; Lemieux-Lefebvre *et al.* 2012; Mosnier *et al.* 2010; Sergeant 1991). Toutefois, plusieurs de ces études ont été menées durant la saison estivale et donc, ne couvrent pas la période visée par les travaux. Les mammifères marins susceptibles d'être présents dans le secteur de Cacouna entre mars et mai sont principalement le béluga, le phoque commun, le phoque gris et le phoque du Groenland (principalement l'hiver). D'autres espèces comme le petit rorqual et le marsouin commun pourraient se retrouver occasionnellement dans le secteur, mais beaucoup plus rarement.

Il existe des sites d'échouerie pour le phoque commun et le phoque gris à proximité de l'aire des travaux, soit dans le chenal sud-ouest de l'Île Verte, sur le Rocher Percé et les récifs de l'Île Blanche et l'Île Rouge (voir Robillard *et al.* 2005). Ces aires sont à trois kilomètres et plus du site où s'effectueront les levés géophysiques, et leur fréquentation entre les mois de mars et mai est incertaine puisque les données existantes sont hautement fragmentaires et recueillies sur des périodes très courtes pour cette période de l'année. Néanmoins, elles confirment la présence des deux espèces dans le secteur (PESCA Environnement 2006).

Le secteur de Rivière-du-Loup / Cacouna / Île Verte (RCIV) constitue une aire hautement fréquentée par le béluga entre juin et octobre (Michaud 1993; Lemieux-Lefebvre *et al.* 2012; Mosnier *et al.* 2010; Mosnier et Gosselin, données non publiées dans Lesage *et al.* 2014) et fait partie de l'Habitat Essentiel qui a été désigné dans le Programme de Rétablissement de cette population (MPO 2012b). Ce secteur est principalement fréquenté par des juvéniles et des blancs accompagnés de jeunes incluant des veaux, donc vraisemblablement des femelles (Michaud 1993).

La fréquentation de l'estuaire et du secteur de RCIV en dehors de la période de juin à octobre est beaucoup moins bien documentée. Des relevés aériens ont été effectués en mars par l'INESL en 1989 (Boivin et INESL 1990). Aucun béluga n'a été dénombré dans l'estuaire moyen, i.e., en amont de la rivière Saguenay, durant les deux relevés de l'INESL effectués en mars 1989, dont l'un avait une couverture systématique de l'aire (espacement des lignes et design non fournis) (Boivin et INESL 1990, Figure 5.3). Ces relevés menés de manière systématique dans le secteur maritime ont par contre révélés la présence de bélugas dans le secteur de l'estuaire maritime en mars 1989, principalement dans le secteur sud de l'estuaire, dont celui de l'Île Verte (Boivin et INESL 1990, Figure 5.3). Les inventaires menés la même année aux mois d'avril, mai et juin (un inventaire par mois) indiquent que des bélugas sont présents dans l'estuaire à ces périodes, incluant la rive sud et le secteur de RCIV (Michaud et Chadenet 1990). Des observations durant 25 h effectuées au cours du mois de mars 2005 à partir de la côte du secteur de Gros-Cacouna n'avaient révélé la présence d'aucun béluga (PESCA Environnement 2006).

Seules deux sources de données existent afin de documenter la présence de béluga dans l'estuaire en avril, soit un inventaire aérien réalisé en 1990 (Michaud et Chadenet 1990), et les observations côtières effectuées à Gros Cacouna pendant seulement 9 h en avril 2005 (PESCA Environnement 2006). Ces deux études révèlent la présence de bélugas dans le secteur de RCIV.

La fréquentation du secteur de Gros-Cacouna par le béluga en mai ne peut être déduite qu'à partir des données recueillies par PESCA Environnement (2006) lors de 29 h d'observations côtières effectuées en mai 2005. Celles-ci révèlent que le béluga y est présent, mais l'effort d'observation demeure insuffisant pour dériver des densités ou évaluer l'importance de la fréquentation de ce secteur en mai relativement aux autres périodes de l'année.

En somme, bien que les données disponibles confirment la présence du béluga dans le secteur visé par le projet entre les mois de mars et mai, elles demeurent trop fragmentaires pour fournir des données de densités d'animaux observés et de récurrence d'utilisation fiables du secteur.

Fonction du secteur de Rivière-du-Loup/Cacouna/Île Verte (RCIV)

La fréquentation du secteur de RCIV par les troupes de femelles accompagnées de veaux et de juvéniles entre juin et octobre suggère que ce secteur sert à l'élevage des jeunes, et possiblement à la mise-bas, bien que ces événements soient très rarement observés, rendant difficile l'association d'un secteur particulier à cette activité (Mosnier *et al.* 2010; MPO 2010). Les comportements de surface et la présence de multiples traces sur l'échosondeur lors des travaux réalisés dans ce secteur par le GREMM et le MPO laissent croire qu'il s'agit d'un secteur servant à l'alimentation des bélugas (R. Michaud et V. Lesage, données non publiées; S. Lemieux-Lefebvre, thèse de doctorat en préparation).

Les fonctions remplies par le secteur de RCIV entre les mois de mars et mai, de même que le type de troupeau fréquentant ce secteur sont mal connus. Toutefois, plusieurs indices suggèrent que ce secteur en est un privilégié pour l'alimentation, et qui pourrait être très important dans le cycle vital annuel du béluga, particulièrement en mai et juin.

Malgré une littérature abondante concernant l'écologie et l'histoire naturelle des bélugas, peu de connaissances existent actuellement quant aux variations saisonnières de l'accumulation de gras et de l'intensité de l'alimentation chez cette espèce. Dans le nord du Québec par exemple, les chasseurs du détroit d'Hudson rapportent une tendance des bélugas chassés à flotter au printemps (mai-juin), et à couler en automne (octobre à novembre) (K. Breton-Honeyman, thèse de doctorat, sous presse), ce qui suggère une couche de lard plus épaisse au printemps qu'à l'automne. Chez les bélugas de Cumberland Sound, les femelles en fin de gestation ou en début

de lactation sont particulièrement grasses (Sergeant et Brodie 1969), ce qui suggère que le printemps et possiblement l'hiver sont des périodes particulièrement importantes pour l'alimentation chez les femelles béluga adultes. Dans le Saint-Laurent, les chasseurs notent que les bélugas sont maigres en hiver, i.e., de novembre à mars, qu'ils accumulent la plupart de leur gras en mai et juin, gagnant de 5 à 6 pouces (12,7 à 15,2 cm) de lard en moins de 10 jours, et qu'ils demeurent gras durant l'été (Casgrain 1873, cité par Vladykov 1944). Les chasseurs rapportent aussi de grandes variations interannuelles dans l'épaisseur du lard, avec des bélugas qui flottent une année, et qui coulent à la même période une autre année (Vladykov 1944). Une étude menée durant les années 1930 et basée sur un petit échantillon, suggère que les bélugas du Saint-Laurent ont une couche de lard plus épaisse au printemps qu'au cours des autres saisons (Vladykov 1944), ce qui supporte l'hypothèse que le printemps, spécifiquement les mois de mai et juin, ou les derniers mois d'hiver sont des périodes particulièrement importantes pour l'alimentation chez cette population.

Des évidences additionnelles de l'importance de la période printanière pour l'alimentation chez le béluga du Saint-Laurent, et du secteur de RCIV comme aire privilégiée d'alimentation à cette période de l'année proviennent d'une part d'observations de bélugas effectuées dans le secteur de l'Île-aux-Lièvres, située en face de Rivière-du-Loup, d'autre part de la documentation de frayères pour des espèces considérées comme des proies potentielles du béluga, et de l'observation du déclin de la population de béluga de manière concomitante à celle de certains stocks de poisson.

Le capelan, l'éperlan et le hareng sont considérées des proies potentielles du béluga du Saint-Laurent (Vladykov 1946; Lesage 2014). Ces trois espèces fraient dans l'estuaire au printemps, entre les mois d'avril et la fin mai, avec des sites connus dans le secteur de RCIV :

- Le capelan débute le frai vers la mi-avril, et plus tôt le long de la rive sud (en aval de Rivière-Ouelle) que le long de la rive nord (Parent et Brunel 1976).
- Le frai de l'éperlan survient quant à lui dans les secteurs de Rivière-Ouelle et Kamouraska (riv. Fouquette) vers la fin avril ou le début mai, et est suivi par la dispersion des adultes dans l'estuaire moyen, dans le secteur de RCIV (Ouellet et Dodson 1985a, 1985b).
- Le hareng migre du golfe vers l'estuaire moyen au tout début mai (Gagnon et Leclerc 1981), et frai environ 2 semaines plus tard (Munro *et al.* 1998). Des évidences suggèrent que le frai survient le lendemain de la première marée de morte-eau de mai. En 2014, cette marée est prévue le 8 mai. Une population qui fraie le printemps, et nommée 'la population de l'Île Verte', occupe le secteur RCIV autour de la période du frai qui lui, semble survenir à l'extrémité ouest de l'Île aux Lièvres (Munro *et al.* 1998).

Munro *et al.* (1998) rapporte avoir détecté le béluga par hydroacoustique à travers des groupes de hareng en frai le long de l'île aux Lièvres. Ce rapport anecdotique est corroboré par les observations de bélugas effectuées dans ce secteur, et qui dénote des nombres de 2 à 8 fois plus élevés de bélugas entre les 20 et 31 mai qu'entre les 2 et 12 juin, de même qu'un maintien de ces hautes densités de bélugas tout au long de la journée en mai (Lesage et Kingsley 1995).

Enfin, une étude examinant la concordance entre les changements observés dans la démographie et la tendance de la population de bélugas, et ceux de diverses composantes de l'écosystème supporte l'hypothèse d'une importance particulière du hareng de printemps pour le béluga. Cette étude note que le passage chez le béluga d'une période de dynamique populationnelle relativement stable à une période plus chaotique caractérisée par un déclin soutenu de la taille de la population depuis le début des années 2000 coïncide avec le passage vers une période environnementale caractérisée par une forte anomalie négative des biomasses des grands poissons démersaux et du hareng de printemps de la zone 4T de l'OPANO qui sont

soupçonnés d'alimenter l'estuaire, en plus de températures particulièrement chaudes et d'un couvert de glace faible (Plourde *et al.* 2014; MPO 2014b).

Effets sur la santé, la reproduction et la survie

Les effets du projet proposé sur la condition physique, la reproduction et la survie des individus exposés dépendent d'une part de la motivation des individus à continuer à fréquenter le secteur exposé aux sons, et donc de son importance pour compléter leur cycle biologique. L'existence à proximité d'habitat de qualité équivalente et en quantité suffisante peut rendre l'évitement du secteur d'activité négligeable sur la santé des individus. L'absence d'évitement ne se traduit pas directement en absence d'effets sur la condition physique ou la santé. Une persistance à fréquenter un secteur insonifié par nécessité peut avoir des effets physiologique délétères à travers le stress engendré, comme documenté chez les baleines noires exposées à du trafic maritime récurrent (Rolland *et al.* 2012).

L'importance des effets sur les individus et ultimement sur les populations est également étroitement liée à la durée de privation d'un secteur ou d'une ressource privilégiée (e.g., Harwood *et al.* 2014). Celle-ci dépend non seulement de la durée totale des opérations envisagées, mais aussi de l'existence d'opportunité pour les animaux de regagner les aires insonifiées, et du temps qui leur est nécessaire suite à un effarouchement pour y retourner. Les opérations nécessiteront de 12 à 15 jours de conditions 'parfaites' pour être complétées, qui pourraient s'étaler sur 1 à 2 mois, laissant en moyenne de 2 à 4 jours entre les opérations.

Afin de déterminer les probabilités qu'une activité affecte la condition physique d'un individu et ses capacités à se reproduire, il est nécessaire de comprendre d'une manière approfondie une variété de paramètres, notamment les budgets énergétiques saisonniers de l'espèce visée ou l'importance relative de la période et du secteur visés par les activités dans la complétion du cycle annuel, et des seuils au-delà desquels ce cycle est compromis (Harwood *et al.* 2014). L'extrapolation des effets individuels à la population nécessite de déterminer la capacité de la population à soutenir une déficience de reproduction ou une mortalité accrue avant de compromettre la croissance d'une population. De tels exercices ont été menés récemment pour quelques espèces de mammifères marins pour lesquels de vastes programmes d'acquisition de données ont été maintenus depuis des dizaines d'années (e.g., Thompson *et al.* 2013a; New *et al.* 2013).

Dans le cas du béluga du Saint-Laurent, de telles modélisations pourraient être envisagées, mais elles n'ont pu être complétées par le MPO dans le cadre de la présente évaluation considérant les délais imposés pour la revue des effets de ce projet sur la population.

Sources d'incertitude

Les sources d'incertitudes liées à cette évaluation proviennent principalement :

1. Des déficiences quant aux connaissances sur le niveau de fréquentation (densités d'individus) du secteur de RCIV entre mars et mai, et donc du nombre de bélugas exposés au bruit des opérations.
2. Des niveaux sonores qui susciteront une réaction comportementale négative menant à un évitement et donc, l'aire de l'habitat disponible au béluga qui pourrait ne plus remplir ses fonctions.
3. La durée de privation d'accès aux ressources alimentaires que peut soutenir un béluga avant d'avoir des effets négatifs sur sa condition physique au point d'affecter sa capacité à se reproduire ou à survivre. Ceci, spécifiquement dans le contexte où l'alimentation en mai-juin

semble cruciale dans l'accumulation des réserves d'énergie nécessaires à la complétion du cycle annuel.

4. Le nombre de bélugas qui peut soutenir ces effets négatifs sur leur condition sans compromettre le rétablissement de la population. Ceci, spécifiquement dans le contexte d'une population en déclin à raison d'environ 1,13 % par an (Mosnier *et al.* 2014)
5. Des effets du bruit généré par les opérations sur les ressources alimentaires du béluga

Conclusions et avis

Le béluga est une population désignée 'menacée' par le Comité sur la Situation des Espèces en Péril au Canada (COSEPAC) et apparaît à l'annexe 1 de la *Loi sur les Espèces en Péril au Canada* (LEP). Le gouvernement du Canada a le devoir en vertu de cette loi de protéger cette population et éviter la destruction de son Habitat Essentiel.

Le concept de ce qui peut constituer une destruction est fourni dans l'ébauche de politique de la *Loi sur les Espèces en Péril* (2009) du Gouvernement du Canada : *'une destruction est déterminé au cas par cas. Il y aurait destruction si une partie de l'habitat essentiel était dégradé, soit de manière temporaire ou permanente, au point où elle ne pourrait plus servir les fonctions nécessaires à l'espèce ou la population'* (Environnement Canada 2009). L'Habitat essentiel se définit comme *'l'habitat nécessaire à la survie et au rétablissement de l'espèce/population listée et qui est identifié comme l'habitat essentiel dans le programme de rétablissement ou le plan d'action de l'espèce/population'* (Thornton 2013)

L'Habitat Essentiel du béluga a été désigné partiellement. Il inclut la région de RCIV, mais ne couvre actuellement que la période de juin à octobre puisque les données pour les autres périodes de l'année étaient trop fragmentaires au moment de la désignation.

Les modélisations effectuées par le MPO indiquent qu'il est peu probable que des dommages à l'audition surviennent lors des levés, compte tenu de l'intensité des sources et de l'atténuation rapide du bruit sous les seuils où de tels dommages sont anticipés. Par contre, la région où pourrait survenir des réactions négatives comportementales, allant de changements subtils de comportements à un évitement complet est beaucoup plus vaste, soit d'un rayon de 2,3 km à plusieurs dizaines de km de la source selon les seuils de bruit utilisés pour prédire les risques de réactions.

L'estuaire dans la région de l'île-aux-Lièvres est caractérisé par un chapelet central d'îles, ce qui fait écran au bruit et tend à isoler les chenaux nord et sud dans ce secteur (Lesage *et al.* 2014). Le secteur de Cacouna, où les levés auront lieu, se situe en aval de la majorité de ces îles, ce qui fait en sorte que l'écran au bruit pour le secteur de l'estuaire maritime sera pratiquement inexistant. Sur la base des modélisations effectuées, la zone où des réactions d'évitement sont susceptibles de survenir pourrait traverser l'estuaire dans toute sa largeur, et s'étendre en amont et particulièrement en aval du site de levés, sur plus de 20 km (ou beaucoup plus si les seuils de réactions s'avéraient semblables à ceux documentés pour des bélugas exposés à des levés sismiques avec canons à air (Miller *et al.* 2005, Wood *et al.* 2012, voir plus haut). Dans le cas où le bruit généré par les levés suscitait un évitement de cette zone par le béluga, une large partie de l'habitat printanier disponible au béluga serait compromis. Il s'avère donc important de limiter dans le temps la durée des travaux, et d'éviter les périodes sensibles.

Nous concluons donc que :

- Sur la base des données fragmentaires disponibles, il est probable que des bélugas soient observés dans le secteur de RCIV durant toute la période visée par les travaux,

soit du 1 mars au 31 mai. Leur densité à chaque mois ne peut être évaluée, mais devrait croître en mai relativement à mars et avril.

- Il existe un risque de dommage physique (blessure auditives) associé aux travaux proposés. Ce risque est jugé faible considérant le très faible rayon sur lequel ces effets ont le potentiel de survenir et donc, du nombre d'individus susceptible d'y être exposé. Un programme de monitoring efficace, permettant la détection de bélugas en approche du site de levés, couplé à une procédure rigoureuse de ramp-up et shut down (voir plus loin) devrait atténuer ce risque et le rendre négligeable.
- Le secteur visé par les travaux sert vraisemblablement des fonctions alimentaires pour le béluga et les autres mammifères marins au printemps, particulièrement d'avril à juin.
- La région qui sera insonifiée lors de la réalisation des levés, et où des réactions comportementales pourraient survenir, est large relativement à l'habitat utilisé en été par le béluga.
- La réalisation des travaux entraînera la détérioration temporaire d'une partie de l'habitat printanier du béluga puisqu'elle préviendra vraisemblablement l'exploitation des ressources alimentaires s'y trouvant. Une région d'un rayon de 22 km autour de Cacouna couvre environ 30 % de l'habitat essentiel d'été. Sur la base des données fragmentaires disponibles qui suggèrent une utilisation moindre du secteur en mars et avril, et considérant la courte durée des travaux (12 à 15 jours répartis sur 1 à 2 mois en mars et avril), nous jugeons, et bien que des doutes persistent, peu probable que les travaux compromettent le rétablissement de la population de béluga. Des données additionnelles concernant les distances sur lesquelles des réactions sont enregistrées, et l'ampleur de celles-ci, de même que sur la fréquentation saisonnière du secteur par les bélugas lorsqu'aucune activité particulière ne s'y déroule permettraient de mieux prédire les effets potentiels d'activités futures dans ce secteur. Celles-ci, couplées à une modélisation de la dynamique de population, permettrait d'augmenter la confiance dans les conclusions tirées.
- Une extension des travaux au-delà du 30 avril, pourrait nuire au rétablissement du béluga en le privant d'accès à une partie de son aire d'alimentation printanière durant une période qui semble cruciale pour la constitution des réserves énergétiques et la complétion du cycle annuel du béluga. Considérant les nombres anticipés de bélugas qui fréquentent le secteur de RICV en mai (Lesage et Kingsley 1995), l'insonification de ce secteur pourrait se traduire par des effets sur la santé, la reproduction ou la survie du béluga et compromettre leur rétablissement. Encore ici, l'acquisition de données concernant la fréquentation de la région, les réactions enregistrées chez les bélugas, couplées à une modélisation de la dynamique de la population permettraient de statuer plus fermement sur les effets du projet sur le rétablissement de la population.
- Une étude effectuée en Écosse et examinant l'effet de la construction d'un parc éolien marin sur la dynamique d'une population de phoques communs, suggèrent qu'il est peu probables que des effets à long terme soient encourus par les populations de phoques fréquentant l'estuaire du Saint-Laurent suite aux travaux proposés, compte tenu de leur courte durée (Thompson *et al.* 2013a), et de la taille et du taux de croissance caractérisant les populations de phoque gris (MPO 2011), de phoques communs (Robillard *et al.* 2005; Lambert 2012), et de phoques du Groenland (MPO 2005).

Mesures d'atténuation additionnelles :

Les mesures d'atténuation suivantes sont recommandées, en complément ou en remplacement de celles proposées par le promoteur :

- Aucun levé géophysique ne devrait être permis après le 30 avril, où lorsque les conditions d'observation (reflets, brouillard, vagues, noirceur) ne permettent pas la détection efficace de béluga à moins de 500 m de la source.
- Compte tenu qu'il est anticipé que les densités de bélugas augmenteront au fil des semaines, il est recommandé de débiter les opérations par la plus bruyante des deux sources, soit le sparker, et de terminer avec le boomer. De cette manière, les zones et les quantités de bélugas affectées par les travaux plus tard en saison seraient réduites.
- Un programme de monitoring comprenant des composantes aérienne ET terrestre devrait être mis en place le plus tôt possible, et avant le début des opérations, afin de documenter l'utilisation du secteur de RCIV, et les effets sur la fréquentation découlant du projet. La composante aérienne est nécessaire compte tenu des distances sur lesquelles les effets sur le comportement et la fréquentation sont appréhendés. Le monitoring devrait être maintenu durant toute la période visée par les travaux, ainsi que pour les jours suivant la fin des opérations afin de permettre la détection d'effets sur la fréquentation du secteur. Un système permettant de positionner les troupeaux et groupes observés devrait être prévu.
- Les observateurs devraient détenir une expérience adéquate dans la détection et le monitoring des mammifères marins. Un nombre suffisant d'observateurs devrait être prévu afin d'assurer une rotation et assurer une vigilance constante.
- Une zone d'exclusion de 500 m devrait être établie autour de la source émettrice, et monitorée en continue pour toute présence de mammifères marins. Les opérations devraient être interrompues immédiatement lorsque tout mammifère marin est observé dans cette zone. Ce rayon est plus large que celui où des dommages à l'audition sont prévus par le modèle, mais est justifié par l'ensemble des incertitudes entourant les niveaux de bruit induisant le PTS chez les mammifères marins (NOAA 2013), le calcul des distances de la source où des blessures auditives pourraient être infligées, et les délais attendus dans la communication entre les observateurs et le bateau opérant les levés. Un système de communication efficace entre les observateurs et le navire effectuant les levés est impératif.
- Une procédure rigoureuse d'augmentation progressive et d'interruption des sources de bruit (ramp-up et shut down) doit être mise en place. Les bélugas peuvent se déplacer à des vitesses pouvant aller jusqu'à 22 km h^{-1} (Lemieux-Lefebvre *et al.* 2012) et plonger jusqu'à 19 min dans le Saint-Laurent (S. Lemieux-Lefebvre, thèse de doctorat en préparation). Les bélugas peuvent donc parcourir près de 750 m en 20 min, soit le délai prévu suivant un arrêt de l'emploi du boomer ou du sparker avant de procéder à un ramp-up des équipements vers leur pleine puissance. Dans le cas où les conditions de visibilité sont bonnes (absence de reflets, de brouillard, temps calme), des bélugas en approches de la zone d'exclusion pourraient vraisemblablement être détectés. Ce délai, compte tenu des conditions d'opérations prévues par le promoteur, est jugé acceptable.
- La vitesse à laquelle la source émettrice doit être augmentée pour atteindre sa pleine puissance nécessite également d'être examinée en fonction du comportement de plongée et de la vitesse de mouvement des bélugas. Le promoteur propose une augmentation progressive de la source émettrice sur une période de 30 min après chaque interruption de plus de 20 min. Compte tenu que les bélugas peuvent s'éloigner

sur plus d'un km durant cette période, et qu'il n'est pas prévu de procéder à un soft-start tant qu'un animal est présent dans la zone d'exclusion, nous jugeons les risques de blessure négligeable et cette procédure acceptable. Notons par contre que l'efficacité de cette procédure à faire fuir les mammifères marins n'a jamais été testée adéquatement (Nowacek *et al.* 2013).

- L'ajout d'un système de détection acoustique sous-marin des vocalisations des bélugas permettrait un meilleur monitoring de la zone d'exclusion et du secteur d'influence des travaux, particulièrement lorsque les conditions de lumière et de visibilité sont imparfaites.
- Les données recueillies lors des monitorages devraient être rendues publiques de manière à ce qu'une évaluation puisse être effectuée de la qualité des données amassées, des analyses effectuées, et les mettre à contribution pour le suivi à long-terme de l'utilisation du secteur.

Réponses aux questions de la DRGÉ :

1. Est-ce que les estimations des niveaux de bruit générés par les travaux et des distances de propagation fournies par le promoteur sont réalistes?
 - Information non fournie par le promoteur. Le MPO a procédé à ses propres calculs
2. Est-ce que le projet, tel que proposé, risque de causer un dérangement important ou des impacts significatifs aux bélugas?
 - Oui, si les travaux se poursuivent après le 30 avril
3. Les mesures d'atténuation proposées par le promoteur sont-elles adéquates et suffisantes?
 - Certaines mesures ont été ajoutées (voir Section 'Mesures d'atténuation additionnelles')
4. Le cas échéant, quelles mesures d'atténuation additionnelles permettraient de réduire le dérangement ou les impacts pour les rendre acceptables?
 - voir Section 'Mesures d'atténuation additionnelles'
5. Dans l'éventualité où le projet causerait un dérangement important du béluga, malgré la mise en place de mesures d'atténuation additionnelles, le dérangement est-il susceptible de compromettre la survie ou le rétablissement de la population de béluga du Saint-Laurent?
 - Oui, si les travaux se poursuivent après le 30 avril
6. D'autres espèces de mammifères marins sont-elles susceptibles d'être présentes pendant la période visée? Si oui, les évaluations des effets et les mesures d'atténuation pour le béluga s'appliquent-elles à ces espèces?
 - Il est probable que des phoques communs, des phoques gris, et des phoques du Groenland soient présents dans le secteur. Les mêmes mesures d'atténuation que pour le béluga peuvent être appliquées afin de réduire les effets possibles du projet proposé

Autres considérations

Insonification du secteur sud de l'estuaire :

Dans un avis récent concernant les effets de dévier une partie du trafic marchand dans l'estuaire vers le secteur de RCIV, le MPO (MPO 2014a), sur la base de modélisation et de données étoffées concernant les densités de bélugas fréquentant les divers secteurs de l'estuaire, a statué qu'une augmentation du trafic maritime dans le secteur sud risque d'avoir des effets négatifs, ou neutres dans le meilleur des cas, sur le rétablissement du béluga du Saint-Laurent.

Cet avis stipule également que le maintien ou la concentration la plus grande possible du trafic commercial dans le chenal nord de l'estuaire constitue le scénario réduisant au maximum les répercussions sur le béluga et son habitat. Les îles au centre de l'estuaire créent une ombre acoustique pour l'habitat des femelles accompagnées de juvéniles et de veaux situé le long de la rive sud. La déviation d'une partie du trafic marchand vers le chenal sud diminuerait grandement le nombre de zones à l'abri du bruit pour les femelles, juvéniles et veaux, et contribuerait à la dégradation acoustique de certaines zones de concentration qui, auparavant, étaient peu exposées au bruit de la navigation.

La construction d'un terminal pétrolier dans le secteur de Cacouna, et les activités de construction ainsi que le trafic maritime qui en découlera, vont à l'encontre de ces recommandations.

Importance d'entreprendre un programme étoffé de monitoring

Les travaux proposés sont effectués en vue de la construction d'un terminal pour le transport du pétrole dans le secteur de Cacouna. Le projet de construction de ce terminal se déroulera dans l'Habitat Essentiel du béluga du Saint-Laurent, une espèce en péril actuellement en déclin, et comprendra des travaux qui nécessiteront des activités très bruyantes (fonçage, usage d'explosifs) sur des périodes prolongées qui s'étendront sur plusieurs années, et qui risquent d'interférer avec les activités normales des bélugas et des autres mammifères marins utilisant le secteur.

L'évaluation des effets probables sur le rétablissement du béluga du Saint-Laurent, et la mise en place de mesures de mitigation adéquates, nécessitent des données de base, i.e., avant l'entreprise des activités de construction, sur divers aspects de l'écologie et de la biologie du béluga ainsi que son environnement. Cette évaluation nécessite également un programme de monitoring durant et après les travaux de manière à valider les effets à long-terme, ou à ajuster les mesures de mitigation en place. Nous recommandons fortement qu'un tel programme soit mis en place dès que possible. Celui-ci devrait comprendre des systèmes de monitoring acoustique et visuel, et pourrait inclure l'utilisation d'instruments permettant le suivi du comportement ou des niveaux de bruits reçus par des individus spécifiques. Un réseau d'hydrophones sous-marins répartis sur une zone couvrant l'ensemble de la zone où des effets sont anticipés, de même que des observations à partir de plates-formes terrestres et, lorsqu'approprié, aériennes, pour assurer le monitoring visuel du secteur forment la base d'un tel programme. Des exemples des pratiques ou protocoles qui devraient être suivis, ainsi que les données nécessaires à une évaluation minimisant l'incertitude des conclusions, sont disponibles dans la littérature (e.g., Nowacek *et al.* 2013; Thompson *et al.* 2013a; 2013b, Williams *et al.* 2006; Brandt *et al.* 2011).

Collaborateurs

Nom	Affiliation
Cyr, Charley	MPO, Sciences, Région du Québec - Éditeur
Gosselin, Jean-François	MPO, Sciences, Région du Québec
Hammill, Mike	MPO, Sciences, Région du Québec
Lesage, Véronique	MPO, Sciences, Région du Québec - Auteure
McQuinn, Ian	MPO, Sciences, Région du Québec
Simard, Yvan	MPO, Sciences, Région du Québec

Approuvé par

Serge Gosselin
Directeur régional int., Sciences
Région du Québec
Pêches et Océans Canada

Date : 4 mars 2014

Sources de renseignements

- Béland, P., Michaud, R., Martineau, D. 1987. Recensements de la population de belugas (*Delphinapterus leucas*) du St-Laurent par embarcations en 1985. Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat. 1545: 21 p
- Boivin, Y. et INESL. 1990. Survol aérien pour l'estimation de la distribution saisonnière et des déplacements des bélugas, INESL, Montréal, Québec. 91 p. Available at: Institut National d'Écotoxicologie du Saint-Laurent, 5040 Mentana, Montreal, QC, CAN. H2J 3C3
- Blane, J., and Jaakson, R. 1994. The impact of ecotourism boats on the St. Lawrence beluga whales. Environ. Conserv. 21: 267-269
- Brandt, M.J., Diederichs, A., Betke, K., Nehls, G. 2011. Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. Marine Ecology Progress Series 421:205-216.
- Chion, C., Parrott, L., and Landry, J.-A. 2012. Collisions et cooccurrences entre baleines et navires marchands dans l'estuaire du Saint-Laurent. Présenté au Groupe de travail sur le trafic maritime et la protection des mammifères marins, Parcs Canada et Pêches et Océans, vi + 80 p.
- CIMA+. 2014. Quebec Terminal Feed. Geophysical Survey. Request for Review. Appendix A. 6 February, 2014. 34 p.
- Clark, C., Mann, D., Miller, P., Nowacek, D., Southall, B. 2013. Comments on Arctic Ocean Draft Environmental Impact Statement. Moray Offshore Renewables Ltd. Technical Appendix 1.3 C - Draft ES Consultation Responses. p. 1-4.
- Ellison, W.T., Southall, B.L., Clark, C.W., and Frankel, A.S. 2012. A new context-based approach to assess marine mammal behavioral responses to anthropogenic sounds. Conserv. Biol. 26: 21-28
- Environment Canada. 2009. Species at Risk Act Policies. Overarching Policy Framework. Species at Risk Conservation. Gatineau, Québec.
- Faucher, A. 1988. The vocal repertoire of the St. Lawrence estuary population of beluga whale (*Delphinapterus leucas*) and its behavioral, social and environmental contexts. M.Sc. thesis. Dalhousie University, Halifax. NS, CAN
- Finley, K.J., Miller, G.W., Davis, R.A., and Greene Jr., C.R. 1990. Reactions of belugas, (*Delphinapterus leucas*) and narwhals (*Monodon monoceros*) to ice-breaking ships in the Canadian high arctic. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 224: 97-117
- Finneran, J.J., and Schlundt, C.E. 2010. Frequency-dependent and longitudinal changes in noise-induced hearing loss in a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) (L). J. Acoust. Soc. Am. 128: 567-570

- Gagnon, M., and J. Leclerc. 1981. Estimation de la biomasse de la population de hareng de printemps de l'Isle Verte par échosondage. Rapp. de Bio-Conseil Inc. au Ministère des Pêches et des Océans du Canada, Région du Québec. 26 p.
- Götz, T., and Janik, V.M. 2011. Repeated elicitation of the acoustic startle reflex leads to sensitisation in subsequent avoidance behaviour and induces fear conditioning. *BMC Neuroscience* 12(30): 1-12
- Harwood, J., King, S., Schick, R., Donovan, C. and C. Booth. 2014. A protocol for implementing the interim population consequences of disturbance (PCoD) approach: Quantifying and assessing the effects of UK offshore renewable energy developments on marine mammal populations. *Scottish Marine and Freshwater Science* 5(2): 1-90.
- Lambert, G. 2012. Estimation d'abondance et modélisation des patrons d'échouerie du phoque commun (*Phoca vitulina concolor*) dans le fleuve St-Laurent. Mémoire de maîtrise. Université Laval. Québec. 62 p.
- Lavigne, L., Hammill, M. O., and Asselin, S. 1993. Distribution et biologie des phoques et autres mammifères marins dans la région du parc marin du Saguenay. Rapp. manus. can. sci. halieut. aquat. 2220: 1-40.
- Lemieux-Lefebvre, S., Michaud, R., Lesage, V., Berteau, D. 2012. Identifying high residency areas of the threatened the St. Lawrence beluga whale from fine-scale movements of individuals and coarse-scale movements of herds. *Marine Ecology Progress Series* 450: 243-257.
- Lesage, V. 2014. Trends in the trophic ecology of St. Lawrence beluga (*Delphinapterus leucas*) over the period 1988-2012, based on stable isotope analysis. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/126. iv + 26 p.
- Lesage, V., et M. C. S. Kingsley. 1995. Bilan des connaissances de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2041: vii + 44 p.
- Lesage, V., Hammill, M.O., and K. M. Kovacs. 1999. Classification of harbour seal dives using depth profile, swimming velocity and an index of foraging success. *Can. J. Zool.* 77: 74-87
- Lesage, V., Hammill, M.O., and K.M. Kovacs. 2004. Long distance movements of harbour seals from a seasonally ice-covered area, the St Lawrence River estuary, Canada. *Can. J. Zool.* 82(7): 1070-1081.
- Lesage, V., Gosselin, J.-F., Hammill, M., Kingsley, M.C.S., and Lawson, J. 2007. Ecologically and biologically significant areas (EBSAs) in the Estuary and Gulf of St. Lawrence – A marine mammal perspective. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/046: 96 p.
- Lesage, V., McQuinn, I.H., Carrier, D., Gosselin, J.-F., and Mosnier, A. 2014. Exposure of the beluga (*Delphinapterus leucas*) to marine traffic, under various scenarios of transit route diversion in the St. Lawrence Estuary. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/125. iv + 27 p.
- McQuinn, I.H., Lesage, V., Carrier, D., Larrivée, G., Samson, Y., Chartrand, S., Michaud, R., and J. Theriault, J. 2011. A threatened beluga (*Delphinapterus leucas*) population in the traffic lane: vessel-generated noise characteristics of the Saguenay-St. Lawrence Marine Park, Canada. *J. Acoust. Soc. Am.* 130(6): 1-13
- Michaud, R. 1993. Distribution estivale du béluga du Saint-Laurent; synthèse 1986 à 1992. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat 1906: vi +28 p

- Michaud, R. and V. Chadenet. 1990. Survol aériens pour l'estimation de la distribution printanière des bélugas du Saint-Laurent. Rapport non publié préparé par l'Institut National d'Écotoxicologie du Saint-Laurent, Rimouski. Québec. 36 p.
- Michaud, R., Vézina, A., Rondeau, N., Vigneault, Y. 1990. Annual distribution and preliminary characterization of beluga (*Delphinapterus leucas*) habitats in the St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1757: 37 p.
- Miller, G. W., Moulton, J. D., Davis, R. A., Holst, M., Millman, P., MacGillivray, A., and D. Hannay. 2005. Monitoring seismic effects on marine mammals – southeastern Beaufort Sea, 2001-2002. In S. L. Armsworthy, P. J. Cranford & K. Lee (Eds.), *Offshore oil and gas environmental effects monitoring/Approaches and technologies* (pp. 511-542). Columbus, OH: Battelle Press.
- Mooney, T. A., Nachtigall, P. E., Breese, M., Vlachos, S., and Au, W. W. L. 2009. Predicting temporary threshold shifts in a bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*: The effects of noise level and duration. J. Acoust. Soc. Am. 125: 1816–1826.
- Mosnier, A., Lesage, V., Gosselin, J.-F., Lemieux-Lefebvre, S., Hammill, M.O., and Doniol-Valcroze, T. 2010. Information relevant to the documentation of habitat use by St. Lawrence beluga (*Delphinapterus leucas*), and quantification of habitat quality. Can. Sci. Advis. Secr., Res. Doc. 2009/098:1-35
- Mosnier, A., Doniol-Valcroze, T., Gosselin, J.-F., Lesage, V., Measures, L., and Hammill, M.O. 2014. An age structured Bayesian population model for St. Lawrence Estuary beluga. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/127. v + 39 p.
- MPO. 2005. Évaluation des stocks de phoques du Groenland dans l'Atlantique Nord-Ouest (*Pagophilus groenlandicus*). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2005/037.
- MPO. 2010. Avis sur la désignation de l'habitat essentiel des bélugas du Saint-Laurent (*Delphinapterus leucas*). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/070.
- MPO. 2011. Évaluation du stock de phoques gris (*Halichoerus Grypus*) du Nord-Ouest de l'Atlantique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/091.
- MPO. 2012a. Examen scientifique de l'énoncé final des incidences environnementales (EIE) du projet de Baffinland à Mary River. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Rép. des Sci. 2012/016.
- MPO. 2012b. Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa, 93 + XI p.
- MPO. 2014a. Répercussions de la déviation du trafic maritime dans l'estuaire du Saint-Laurent sur le béluga (*Delphinapterus leucas*) : le Secteur des sciences à l'appui de la gestion des risques. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/004.
- MPO. 2014b. Situation du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du fleuve Saint Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2013/076.
- Munro, J., Gauthier, D., and J.A. Gagné. 1998. Description d'une fratrie de hareng (*Clupea harengus* L.) à l'île aux Lièvres, dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2239 : vi + 34 p.

- New, L.F., Clark, J.S., Cost, D.P., Fleishman, E., Hindell, M.A., Kalnjscek, T., Lusseau, D., Kraus, S., McMahon, C.R., Robinson, P.W., Schick, R.S., Schwarz, L.K., Simmons, S.E., Thomas, L., Tyack, P., and J. Harwood. 2013. Using short-term measures of behaviour to estimate long-term fitness of southern elephant seals. *Marine Ecology Progress Series* 496: 99-108.
- NOAA. 2013. National Oceanic and Atmospheric Administration DRAFT Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals. Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts.
- Nowacek, D.P., Thorne, L.H., Johnston, D.W., and Tyack, P.L. 2007. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Rev.* 37(2): 81-115
- Nowacek, D.P., Bröker, K., Donovan, G., Gailey, G., Racca, R., Reeves, R.R., Vedenev, A.I., Weller, D.W., and B.L. Southall. 2013. Responsible practices for minimizing and monitoring environmental impacts on marine seismic surveys with an emphasis on marine mammals. *Aquat. Mamm.* 39(4): 356-377
- NRC. 2005. Marine mammal populations and ocean noise: determining when noise causes biologically significant effects. The National Academies Press, Washington, D.C. 126
- Ouellet, P. and J.J. Dodson. 1985a. Tidal Exchange of Anadromous Rainbow Smelt (*Osmerus mordax*) Larvae Between a Shallow Spawning Tributary and the St. Lawrence Estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 1352-1358.
- Ouellet, P. and J.J. Dodson. 1985b. Dispersion and retention of anadromous rainbow smelt (*Osmerus mordax*) larvae in the middle estuary of the St. Lawrence River. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 332-341.
- Parent, S. and P. Brunel. 1976. Aires et périodes de fraye du capelan (*Mallotus villosus*) dans l'estuaire et le golfe du St-Laurent. *Travaux sur les Pêcheries du Québec*, no. 45, 46 pp.
- PESCA Environnement. 2006. Inventaire de mammifères marins dans le secteur de Gros-Cacouna. Préparé dans le cadre du projet d'Énergie Cacouna. N°réf. : 05152-1430. 29 p.
- Pippard, L., Malcolm, H. 1978. White whales (*Delphinapterus leucas*): observations on their distribution, population and critical habitats in the St. Lawrence and Saguenay Rivers. The Department of Indian and Northern Affairs, Parks Canada. Manusc. Rep. 159p. Available at: Maurice Lamontagne Institute, P.O. Box 1000, 850 Route de la mer, Mont-Joli, QC, CAN, G5H 3Z4.
- Plourde, S., Galbraith, P., Lesage, V., Grégoire, F., Bourdage, H., Gosselin, J.-F., McQuinn, I., and Scarratt, M. 2014. Ecosystem perspective on changes and anomalies in the Gulf of St. Lawrence: a context in support to the management of the St. Lawrence beluga whale population. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2013/129. v + 29 p.
- Richardson, W., Thomson, D., Greene Jr, C. and Malme, C. 1995. *Marine Mammals and Noise*. Vol., Academic Press, San Diego, CA
- Robillard, V., Lesage, and M.O. Hammill. 2005. Distribution and abundance of harbour seals (*Phoca vitulina concolor*) and grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Estuary and Gulf of St. Lawrence during 1994–2001. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2613: 152 pp.
- Rolland, R.M., Parks, S.E., Hunt, K.E., Castellote, M., Corkeron, P.J., Nowacek, D.P., Wasser, S.K., and Kraus, S.D. 2012. Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proc. Royal Soc. B: Biol. Sci.* 279: 2363-2368
- Sergeant, D.E. 1991. Harp seals, man and ice. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 114: 153 p.

- Sergeant, D.E. and Brodie, P.F. 1969. Body size in white whales, *Delphinapterus leucas*. J. Fish. Res. Bd Can. 26: 2561-2580
- Sjare, B. and Smith, T.J. 1986. The vocal repertoire of white whales, *Delphinapterus leucas*, summering in Cunningham Inlet, Northwest Territories. Can. J. Zool. 64: 2075-2080
- Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr, C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W.J., Thomas, J.A., and Tyack, P.L. 2007. Marine Mammal Noise Exposure Criteria. Aquat. Mamm. 33: 411-521
- Thompson, P.M., Hastie, G.D., Nedwell, J., Barham, R., Brookes, K.L., Cordes, L.S., Bailey, H., and N. McLean. 2013a. Framework for assessing impacts of pile-driving noise from offshore wind farm construction on a harbour seal population. Environmental Impact Assessment Review 43: 73-85
- Thompson, P.M., Brookes, K.L., Graham, I.M., Barton, T.R., Needham, K., Bradbury, G., and D. Merchant. 2013b. Short-term disturbance by a commercial two-dimensional seismic survey does not lead to long-term displacement of harbour porpoises. Proceedings of the Royal Society B 280: 2013/2001.
- Thornton, S.J. 2013. Mechanisms for managing underwater noise impacts under the Species At Risk Act (SARA): Critical habitat protection measures. In WWF-Canada. Finding Management Solutions for Underwater Noise in Canada's Pacific. Vancouver Aquarium and WWF-Canada, Vancouver, B.C.
- Vladykov, V.D. 1944. Études sur les mammifères aquatiques. III. Chasse, biologie et valeur économique du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve et du golfe Saint-Laurent. Département des Pêcheries, Québec, QC
- Vladykov, V.D. 1946. Études sur les mammifères aquatiques. IV. Nourriture du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve Saint-Laurent. Département des Pêcheries, Québec, QC
- Williams, R., Lusseau, D., Hammond, P.S. 2006. Estimating relative energetic costs of human disturbance to killer whales (*Orcinus orca*). Biological Conservation 133: 301-311.
- Wood, J., Southall, B.L., and Tollit, D.J. 2012. PG&E offshore 3-D seismic survey project EIR – Marine Mammal Technical Report. SMRU Ltd.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Québec
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000,
Mont-Joli (Québec)
Canada G5H 3Z4

Téléphone : (418) 775-0825

Courriel : Bras@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2014. Impacts de levés géophysiques au port de Cacouna sur les bélugas du Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2014/020.

Also available in English :

DFO. 2014. *Impacts of geophysical surveys at the Cacouna harbour on the St. Lawrence beluga.* DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2014/020.